

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082925

「磚」牛「腳」尖

~自製花生殼五腳隔熱磚之探究

學校名稱：雲林縣私立維多利亞雙語中小學

作者： 小六 蔡政翰 小六 黃奕凱 小五 廖偲妍 小五 許家瑜 小五 沈盟格 小五 賴思羽	指導老師： 吳秀緞 廖瑩璇
-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：花生殼、隔熱磚

摘要

本研究利用廢棄的花生殼做為隔熱磚的主要原料，以五腳造形為磚體的形狀，運用切割容易的珍珠板設計實驗的模具材料；花生殼經果汁機磨碎後以天然的糯米粉為膠結材料，經由實驗加入50g紅糖、15g明礬可增加防霉效果，再添加30g木屑強化試體的結構，以250g水混合均勻隔水加熱後入模，找出自製五腳隔熱磚的最佳配方；最後模擬隔熱磚的功用，花生殼五腳隔熱磚具有隔絕溫度、由高度墜落具有相當的衝擊耐受程度、耐酸性及不具易燃性之特性，並在隔熱磚表面採用天然礦石的皂土做為防水層的保護，以符合隔熱磚防水的需求。

壹、研究動機

臺灣位於亞熱帶地區，年平均溫度在攝氏 25 度以上，加上充足的日照常造成混凝土建築物樓頂容易吸收和蓄積太陽輻射熱，間接提升室內的溫度，為求居家環境的舒適導致使用冷氣量增加，反而耗用更多的能源來降溫。

我們的家鄉--雲林縣，人稱「農業之都」，其中花生栽培面積佔全臺的 70%。然而在花生的生產過程中，最後總是留下大量的花生殼，卻往往只能製成堆肥，或者丟棄甚至焚燒；經由資料得知花生殼具有吸水、保溫、透氣性高的特性，或許運用這些廢棄農作物材料的特性可以改善日常生活中的問題，不僅可以減少廢棄農作物的浪費與焚燒的污染，同時還能創造循環再利用的價值。

曾經看過新聞報導南投縣國姓鄉的糯米橋，用天然的材料製作的橋樑竟然可以歷經百年與大水的沖刷而沒被沖垮，讓我們對建造糯米橋使用的天然材料感到不可思議！由於市售的隔熱磚大多是以橡膠、保麗龍等不良導體製成，為了響應環保，若能結合花生殼的保溫效能，同時又能將這些農業廢棄物重新再利用，引發我們想進一步測試花生殼製成隔熱磚的相關研究，以天然農業廢棄物的再次利用，達到隔絕戶外酷熱的陽光與改善降溫效果，希望能落實節能減碳，同時也為保護地球盡一份心力。

貳、研究目的

- 一、探討隔熱磚的原理及運用。
- 二、探討不同材質對製作模具的影響。

- 三、探討不同膠合劑對製作花生殼五腳隔熱磚的影響。
- 四、探討不同添加物對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果。
- 五、探討自製花生殼五腳隔熱磚的最佳配方。
- 六、探討花生殼五腳隔熱磚的功用性質。

參、研究設備及材料

- 一、研究材料：花生殼、投影片、珍珠板、硬紙板、熱熔膠、糯米、明礬、蛋殼、紅糖、太白粉、保鮮膜、洋菜粉、手套、蜂蠟、木架、鎢絲燈泡、鹽酸、試紙。
- 二、研究工具：果汁機、瓦斯爐、電子秤、溫度計、燒杯、研鉢、酒精燈。

肆、研究過程與方法

一、探討隔熱磚原理及運用

(一)文獻探討

1.熱的傳播：熱量傳遞的方式有三種，有熱傳導、熱對流和熱輻射三種基本方式。

(1)熱傳導：熱在物體上會從溫度高的地方，傳到溫度低的地方，稱為『傳導』。

(2)熱對流：對流是指液體或氣體因為加熱後，造成的密度不同，因此，液體或氣體會循環移動，而漸次傳播熱量及全部之現象。

(3)熱輻射：指熱量可以不透過接觸物體本身進行傳導，直接由熱源就可以將熱量傳遞傳播到各處的現象。

2.隔熱磚的原理

隔熱就是阻隔熱的移動傳遞，建築物的屋頂隔熱技術，最常見的隔熱工程是鋪設隔熱層，主要是運用不同隔熱材料以阻絕太陽光的熱量直接進入室內。隔熱材分三大類：「填充材」施作於天花板內層，有時也鋪設在天花板表面，如保麗龍粒、稻殼、硅藻土等。「板塊材」施作於平屋頂，常見的有五腳隔熱磚、保麗龍磚、PS（高密度保麗龍）隔熱磚，至於斜屋頂則利用 PS 隔熱板、文化陶瓦、鋼瓦、魚鱗瓦等。

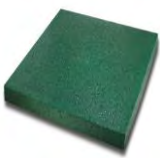
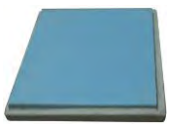
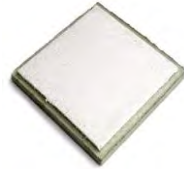


3.常見的隔熱磚樣式

(1)橡膠隔熱磚：結合橡膠地磚(堅固耐用、美觀多色樣)與 PS 板隔熱磚(優良的隔熱效果)

兩者之優點。

- (2)磨石隔熱磚：集磨石磚與 PS 隔熱磚於一體，其表層經磨石處理後，不怕雨淋日晒，而其表層所採用之高級石料，更可表現天然石子的自然風采。
- (3)保麗龍隔熱磚：以水泥板與發泡材保麗龍緊密粘成一體成塊狀隔熱材，利用發泡隔熱材獨立氣泡阻絕空氣產生對流作用，而達到隔熱效果。
- (4) PS 板隔熱磚：以水泥板與高密度發泡材 PS 板緊密粘成一體成塊狀隔熱材，利用發泡隔熱材獨立氣泡阻絕空氣產生對流作用(熱交換)，而達到隔熱效果。
- (5)五腳隔熱磚：以混凝土經高壓成型，成一水泥板厚 2cm，五個腳厚 3cm 之五腳磚，利用空氣層產生對流作用，而達到隔熱效果。

表 1 常見的隔熱磚底部樣式

				
橡膠隔熱磚	磨石隔熱磚	保麗龍隔熱磚	PS 板隔熱磚	五腳隔熱磚

二、探討不同材質對製作模具的影響

(一)不同材質對模具製作容易度的影響

材料及設備：硬紙板(厚度 0.1 公分)、投影片、珍珠板(厚度 0.3 公分)、美工刀、熱熔膠、透明膠帶、剪刀、直尺、切割墊。

實驗步驟：1.依設計圖分別在不同材質(硬紙板、投影片、珍珠板)上裁切出邊長 10 公分、高 5 公分的正方體平面圖，需挖出五個空洞處預留製作五個腳。

2.四個邊向內摺起成盒狀，接縫處以熱熔膠或透明膠帶黏合。

3.再分別以不同材質裁切 2×2×2 公分的正方體平面圖。

(每個盒狀正方體需五個小正方體，製作底部五個腳)

4.用熱熔膠或透明膠帶分別將盒狀模具與底部五個腳黏合。

表 2 模具製作設計圖

<p>1.左為模具平面圖，右為底部五個腳代號①的平面圖。</p>	<p>2.圈選處需黏合，箭頭處為向內對折方向，使其成為盒狀。</p>	<p>3.底部五個腳的平面圖與組成的立體圖</p>	<p>4.盒狀模具與底部五個腳黏合成五腳模具</p>

(二)不同材質的模具對蜂蠟灌模測試比較

材料及設備：模具材質(投影片、厚紙板、珍珠板)、蜂蠟、手套、小鋼杯、回收紙、攪拌棒、電磁爐、鍋子

- 實驗步驟：1.將蜂蠟放入鋼杯中隔水加熱，以攪拌棒來回攪拌，並慢慢增加蜂蠟的量。
 2.當杯內的蜂蠟都融化時，關火。
 3.趁熱把融化的蜂蠟分別倒入不同材質的模具中。
 4.觀察結果並記錄。

表 3 蜂蠟灌模測試

<p>1.蜂蠟隔水加熱</p>	<p>2.先灌底部五個腳</p>	<p>3.再灌滿整個模具</p>

三、探討不同膠合劑對製作花生殼五腳隔熱磚的影響

材料及設備：太白粉、糯米粉、中筋麵粉、樹薯粉、洋菜粉、花生殼粉、250c.c 燒杯×5、布丁盒×5、保鮮膜、湯匙。

實驗步驟：1.分別秤取膠合劑材料(太白粉、糯米粉、中筋麵粉、樹薯粉、洋菜粉)各 5g，

水 100c.c 及花生殼粉 10g。

2.試體倒入燒杯中，隔水加熱直到試體變黏稠狀。

3.充分混合均勻後倒入布丁盒中風乾。

4.觀察各種膠合劑乾燥及黏著情形。



圖 1 混合材料隔水加熱



圖 2 呈黏稠狀後倒入布丁盒



圖 3 五種不同的膠合劑材料

四、探討不同添加物對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果

(一)不同添加物對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果

材料及設備：生石灰粉、紅糖、明礬粉、生糯米、研鉢、花生殼粉、保鮮膜

實驗步驟：1.將生糯米煮成糯米飯，趁熱分成三個 50 g 的飯糰。

2.再把糯米飯糰以研鉢搗成麻糬狀。

3.分別秤取不同添加物(生石灰粉、紅糖、明礬粉)各 25g、花生殼粉 50g。

4.以麻糬狀的糯米分別與步驟 3 材料充分混合。

5.置於保鮮膜上塑形成長方體。

6.靜置風乾並觀察結果。









(二)不同種類的糖對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果

材料及設備：紅糖、二號砂糖、細砂(白糖)、冰糖、方糖、果糖、花生殼粉、保鮮膜、
 布丁盒、燒杯、量秤紙。

- 實驗步驟：1.取不同種類的糖(紅糖、方糖、果糖、白糖、冰糖、二號砂糖)各 25 g，其中
 冰糖和方糖需先磨碎。
- 2.再秤取花生殼粉 25g、糯米粉 25g，分別與步驟 1 材料混合。
- 3.分別加上 50 g 的水，充分攪拌混合後隔水加熱至黏稠狀。
- 4.倒入布丁盒後靜置風乾並觀察結果。

表 4 不同種類的糖

					
紅糖	二號砂糖	細砂(白糖)	冰糖	方糖	果糖

(三)不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(生糯米→麻糬)

材料及設備：紅糖、水、花生殼粉、糯米糰、電磁爐、研鉢、電子秤、燒杯、保鮮膜。

- 實驗步驟：1.秤紅糖(20、50、70g、90g、110g)，各加入 20c.c.的水，並用電磁爐隔水加熱
 直到紅糖溶解，製成糖漿。
- 2.糯米煮好後分成每個 50 g 的飯糰，並用研鉢搗至可將米糰拉長到 12cm 且看

不到顆粒為止。

3.將花生殼粉 50g，分別逐次加入糯米糰混合，再混入不同濃度的紅糖漿。

4.塑形成長方體後，靜置風乾並觀察結果。



(四)不同濃度的紅糖對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果(糯米粉)

材料及設備：紅糖、水、花生殼粉、糯米粉、電磁爐、研鉢、電子秤、燒杯、保鮮膜。

實驗步驟：1.花生殼粉 25g+糯米粉 25g 分別倒入不同濃度(25g、50g、75g、100g、125g)

的紅糖中。

2.充分混和後加入水 100c.c，攪拌均勻後隔水加熱直到變得濃稠狀。

3.倒入布丁盒中風乾。

4.靜置風乾並觀察結果。









五、探討自製花生殼五腳隔熱磚的最佳配方

材料及設備：花生殼粉、凡士林、紅糖、木屑、鍋子、糯米粉、珍珠板模具

實驗步驟：1.先在五腳模具內均勻塗抹凡士林。

- 2.秤取花生殼粉 75g、木屑 30g、糯米粉 45g、紅糖 50g、明礬 15g。
- 3.充分攪拌後逐次加水 250 g，隔水加熱直到變成黏稠狀(試捏可呈圓球形)。
- 4.裝填至五腳模具中，靜置風乾並觀察。

表 5 自製花生殼五腳隔熱磚步驟

		
1.秤取所需材料	2.隔水加熱	3.呈黏稠狀並能捏成球形
		
4.先裝填底部五個腳	5.再裝填盒狀的主體	6.靜置風乾

六、探討花生殼五腳隔熱磚的功用性質





(一)隔熱測試

材料及設備：花生殼五腳隔熱磚、木架、250W 鎢絲燈炮、溫度計

實驗步驟：1.設計二組 25*25 公分正方體的木架，模擬房屋構造。

- 2.上層模擬房屋頂樓，鋪設四塊花生殼五腳隔熱磚，以 250W 鎢絲燈炮模擬太陽光照射，下層模擬居家客廳空間。
- 3.每隔二小時分別紀錄上、下二層的溫度與當日室內溫度。

表 6 隔熱測試模擬裝置

	
<p>1.上層鋪花生殼隔熱磚</p>	
	<p>3.上下層組合的模擬裝置</p>

(二)酸性測試

材料及設備：花生殼五腳隔熱磚、無煙鹽酸、無針頭針筒、試紙、燒杯、淺盤

實驗步驟：1.取 5 ml 無煙鹽酸加水(分別為 5、10、15、20、25 ml)調製成不同濃度。

2.分別倒在花生殼五腳隔熱磚表面，觀察其變化。

3.另外以無加水的對照組比對實驗。

		
<p>圖 13 取 5 ml 無煙鹽酸</p>	<p>圖 14 調製成不同濃度</p>	<p>圖 15 鹽酸倒在隔熱磚表面</p>

(三)防水

1.防水層製作

由於花生殼為天然的材料，攪碎混合其他原料製成的五腳隔熱磚具有吸水性，因此考量防水功能可能不佳，特別在製程中再以皂土結合膠水在表面形成防水層。

材料及設備：花生殼隔熱磚製作材料、凡士林、鍋子、珍珠板模具、皂土、聚乙稀醇

實驗步驟：1.五腳模具內均勻塗抹凡士林。

2.秤取花生殼隔熱磚製作材料，充分攪拌後逐次加水 250 g，隔水加熱直到變成黏稠狀(試捏可呈圓球形)。

3.另秤取皂土 30 g、液體聚乙稀醇 60 g，與具有黏稠性的隔熱磚材料 120 g 混合成防水層材料。

4.依自製花生殼隔熱磚步驟裝填至五腳模具中，約八分滿時再加入防水層材料後靜置風乾。

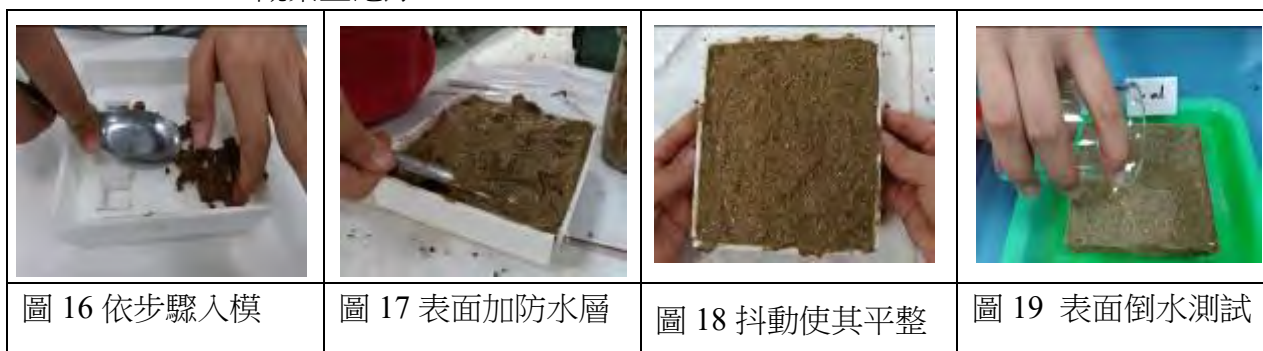
2.防水層測試

材料及設備：花生殼隔熱磚、燒杯、淺盤

實驗步驟：1.以燒杯取 20ml、40ml、60ml、80ml、100ml 的水。

2.將不同容量的水倒在花生殼隔熱磚的中間位置，以淺盤盛裝流出的水。

3.觀察並紀錄。



(四)硬度測試

材料及設備：花生殼五腳隔熱磚、長尺

實驗步驟：1.在牆面上分別註記 80cm、100 cm、120 cm、140 cm、160 cm 的高度。

2.將五片花生殼五腳隔熱磚分別由上列高度墜落，觀察並紀錄結果。

(五)耐火測試

材料及設備：花生殼隔熱磚、酒精燈、三腳架、紅外線溫度計

實驗步驟：1.分別將二種花生殼五腳隔熱磚(無防水層、有防水層)置於三腳架上進行加熱實驗。

2.觀察不同加熱時間(分別為 1、5、10、15、20 分鐘)的變化結果。



伍、研究結果與討論

一、探討隔熱磚的原理及運用

由資料得知使用於平屋頂常用的隔熱磚多為「板塊材」，外形也以正方體居多，其中五腳隔熱磚具有不錯的隔熱效果，我們決定仿作此造形進行花生殼隔熱磚相關實驗。

二、探討不同材質對製作模具的影響

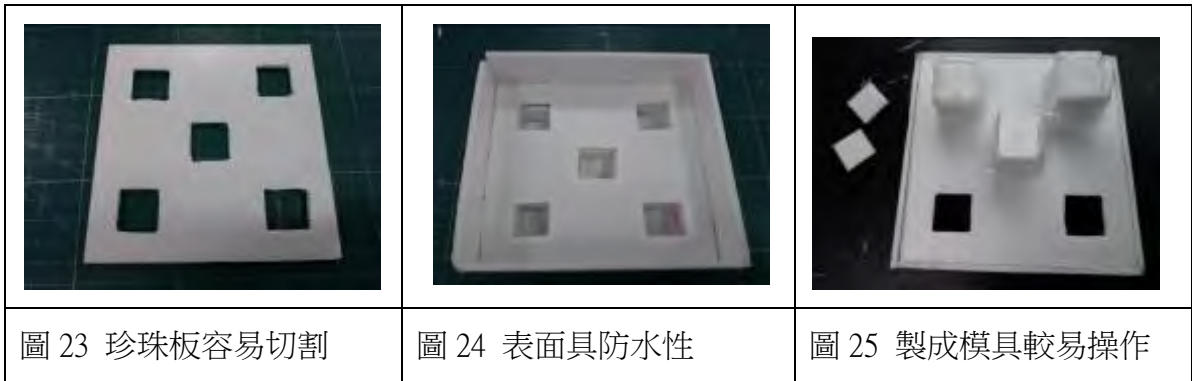
(一)不同材質對模具製作容易度的影響

針對不同材質進行模具製作容易度的實驗，從切割度、堅硬度、密合度、重複性、防水性及版形控制度等項目選出適合製作模具的材料，以下為製作過程的結果：

表 7 不同材質對模具製作容易度的影響

材質	硬紙板	投影片	珍珠板
特性			
切割度	★★	★	★★★★
堅硬度	★★★★	★★	★
密合度	★★	★★★★	★★★★
重複性	★	★★★★	★★
防水性	★	★★★★	★★★★
版形控制度	★★★★	★	★★★★

備註：★：低 ★★：中 ★★★★：高






結果：**珍珠板**在切割度、密合度、防水性及版形控制度較符合操作需求，故選定為模具製作的材料。

討論：雖然**投影片**這種材料在測試製作模具時，評比的項目中密合度、重複性、防水性具有高度的符合性，但因材質較光滑，切割時易割錯，造成材料浪費；又版形控制度上需要使用鉛字筆才能清楚畫出平面圖線條，繪製時稍嫌麻煩。

(二)不同材質的模具對蜂蠟灌模測試比較

為了測試不同材質在日後實際灌模的情形，以可重覆利用的蜂蠟模擬漿體，以下為實驗結果：

表 8 不同材質的模具對蜂蠟灌模測試比較

材質 比較項目	硬紙板	投影片	珍珠板
耐熱性	佳	佳	佳
防水性	中等	佳	佳
脫模	易把紙連帶撕起	易黏在模具上	容易
結果			

結果：**珍珠板**在耐熱性、防水性、脫模容易度上皆符合操作需求，故選定為模具製作的材料。






討論：1.由結果得知三種材質可能因黏合度未完全密封，導致液體狀蜂蠟由版型的接縫處流出，改善方法為使用熱熔膠並加強角落黏合度。

2.考量製作隔熱磚的材料並非像蜂蠟加熱後呈液體狀，基本上只要把模具固定完整，不至於會發生材料由接縫處流出的情形。

三、探討不同膠合劑對製作花生殼隔熱磚的影響

天然的植物澱粉經加熱後會產生黏性，是否可以利用此特性運用在隔熱磚材料的膠合，經實驗的結果如下：

表 9 不同膠合劑對製作花生殼隔熱磚的影響

膠合劑	太白粉	糯米粉	中筋麵粉	樹薯粉	洋菜粉
風乾三日					
	1.表面發霉 2.水分殘留 3.成品塌陷	1.邊緣發霉 2.水分殘留 3.成品塌陷	1.表面發霉 2.水分殘留 3.表層龜裂	1.表面發霉 2.水分殘留 3.成品塌陷	1.稍發霉 2.水分殘留 3.稍可成形

結果：本實驗主要想利用天然物來作為固著花生殼隔熱磚的主要材料，雖然測試的結果並未得到明顯的差異，大部分成品也都發霉而失敗，但我們想到老祖宗建造糯米橋時使用的材料之一，決定繼續以糯米(粉)進行後續實驗。




- 討論：
- 1.各種膠合劑幾乎都有發霉的情形，研判可能是調配的水量過多，故讓試體乾燥效果不佳，在日後的實驗中會再調整水量的比例。
 - 2.各種試體皆盛裝於不透氣的塑膠布丁盒內，大部分只有表面乾燥，內層與底部由於水分較多，再加上皆為天然澱粉，也是造成發霉的原因。
 - 3.實驗中的各種試驗材料皆需經加熱後才能出現膠凝的現象。

四、探討不同添加物對花生殼隔熱磚的防霉效果

(一)不同添加物對花生殼隔熱磚的防霉效果

根據參考資料得知，添加生石灰、明礬、紅糖具有防霉的效果，於是我們試著在花生殼五腳隔熱磚的製程中加入這三種物質，實驗結果如下：

表10 不同添加物對花生殼隔熱磚的防霉效果

添加物 項目	生石灰	明礬	紅糖
塑形	無法塑形	僅小部分可結成塊	可壓製成長方體
成品表面 (3天後)	細碎狀無法成型	1.顏色較淺 2.少許發霉	1.顏色較深 2.未發霉
成品			

結果：以紅糖作為添加物在整個製程中是唯一能壓製成長方體的材料，防霉效果也優於其餘二者。

討論：1.生石灰為一種乾燥劑，在加水之後反而造成糯米黏性降低，無法塑形。







2.塑形時要掌握時間，若操作時間過長易導致糯米糰變硬，黏性便逐漸消失。

(二)不同種類的糖對花生殼隔熱磚的防霉效果

紅糖具有一定的防霉效果，我們很好奇是否不同種類的糖也具有同樣的效果呢？實驗

結果如下：

表11 不同種類的糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(三日後)

種類 項目	紅糖	二號砂糖	細砂(白糖)	冰糖	方糖	果糖
外形	稍塌陷	表面成型	表面成型	表面成型	表面成型	表面成型
發霉	X	X	X	X	X	X
結果 (三日後)						

結果：不同種類的糖在本實驗後三日雖無發霉現象，但途中經過農曆春節後，二星期之後全部試體皆已出現長霉情形。

討論：1.可能混合材料未找出適當比例，其中水的含量或許是造成黴菌生長的成因。

(三)不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(生糯米→麻糬)

在製作花生殼隔熱磚的製程中，到底多少濃度的紅糖的防霉效果較佳呢？此次實驗採用生糯米煮熟後搗成麻糬狀再與不同濃度的紅糖漿混合，實驗結果如下：

表 12 不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果

試體(g) 比較	20	50	70	90	110
表面	少許裂痕	裂痕不明顯	少許裂痕	少許裂痕	完全裂開
底部	無裂痕	無裂痕	少許裂痕	裂痕量多	完全裂開
硬度	結實	結實	鬆散	鬆散	鬆散
發霉	X	X	X	X	X

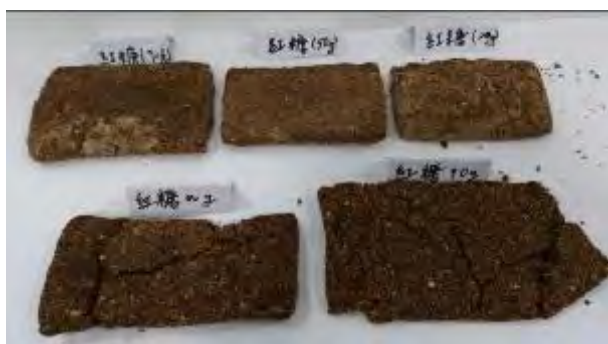


圖 26 不同濃度的紅糖防霉效果











結果：紅糖濃度愈高，防霉效果愈佳，但製成的試體較硬且易碎，反之則容易發霉，由此可知在製作花生殼五腳隔熱磚時，使用一定比例的紅糖濃度，可減少成品因發霉而失敗，此實驗就表面、底部與成型度以紅糖 50g 的效果最佳。

- 討論：
- 1.生糯米煮熟搗成麻糬狀時要趁熱，否則它會逐漸變硬而無法再加入其他材料。
 - 2.操作過程中力道需足夠，否則米糰未產生黏性，也不易再將混合的材料壓製成形。
 - 3.實驗成品為求尺寸統一，需另以模具輔助塑形。
 - 4.由於搗糯米時間需要較多時間，建議改以糯米粉取代。

(四)不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(糯米粉)

在製作花生殼隔熱磚的製程中，到底多少濃度的紅糖的防霉效果較佳呢？因為要掌握糯米糰的熱度與搗出粘性較耗時，此次實驗採用糯米粉加上隔熱磚材料與不同濃度的紅糖混合後以隔水加熱方式，風乾後實驗結果如下：

表 13 不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(糯米粉)--三日後與二星期後

紅糖濃度(g)		25	50	75	100	125
三日後	表面	表面凝固	表面凝固	表面潮濕	表面潮濕	表面潮濕
	水份	不沾手	不沾手	沾手具黏性	沾手具黏性	沾手具黏性
	發霉	X	X	X	X	X
	味道	有發酵酸味	有發酵酸味	無異味	無異味	無異味
	成品					
二星期後	表面	表面稍乾燥	表面稍乾燥	表面稍乾燥	表面潮濕	表面潮濕
	水份	不沾手	不沾手	沾手具黏性	有出水現象	有出水現象
	發霉	○	○	○	X	X
	味道	有發酵酸味	有發酵酸味	有發酵酸味	無異味	無異味
	成品					

結果：1.三日後的成品不同濃度的紅糖均未發霉，證實不同濃度對發霉的抑制是相同的。

2.在實驗中途剛好碰上寒假與農曆春節，當開學後(經過二星期左右)再檢驗成品時卻發現紅糖含量在 100g 以上的竟然無任何發霉現象，比例約是水：紅糖=1：5，證實紅糖濃度越高的防霉效果越好。

討論：1.試體長時間密封在布丁盒中，底部無法風乾，因此水分無法蒸發。

2.紅糖濃度越高會造成混合材料出現黏稠狀，雖無發酵，反而有出水現象，導致成品無法成型。

五、探討自製花生殼五腳隔熱磚的最佳配方









此配方所用材料是綜合先前相關實驗與乾燥時含水量變化結果調整得來的數據，成功製成花生殼花生殼隔熱磚。

(一)配方材料

- 1.主原料：花生殼75克，需先篩選外形無蟲體、雜質等，秤取50g以果汁機連續攪碎1分鐘30秒，呈現粉狀或0.5公分以下大小的塊狀即可；副原料為木屑30克。
- 2.膠合劑：糯米粉45克。
- 3.防霉物：紅糖50克+明礬15克。
- 4.水量：水250g，隔水加熱。

(二)脫模：為了確保花生殼五腳隔熱磚造型的完整性，入模後一日需先脫模再乾燥，避免整塊隔熱磚因不通風而發霉，脫模時需注意力道大小且由小面積拆解模具，脫模步驟如下：

表14 五腳隔熱磚脫模步驟分解說明

			
1.先拆外盒的一邊	2.再拆其他邊	3.先拆底部的一個腳	4.依續拆掉五個腳
			
5.再拆除底部模具	6.拆掉最後的模具	7.五腳模底部	8.五腳模立面圖

討論：1.在模具內塗抹凡士林有利於脫模。

2.混合後的材料需隔水加熱煮至黏稠狀才易成功塑形。

3.為保持底部五腳的完整性，無法直接脫模，需小心拆除組合而成的珍珠板模具，頗為耗時。

(三)乾燥

脫模後的隔熱磚需充分乾燥才不易發霉而失敗，在室溫下靜置並以電風扇的風力輔助，分別以不同糯米量和不同紅糖量的成品進行乾燥，重量變化如下：

表 15 花生殼五腳隔熱磚的含水量變化(不同糯米量和不同紅糖量)

試體 天數	不同糯米量(克)					不同紅糖量(克)				
	45	55	65	75	85	15	25	35	45	55
1	334.7	392.3	411.8	430.9	420.2	334.7	369.7	395.9	407.1	398.3
2	304.4	356.3	370.7	390.9	371.3	302.4	325.9	350.5	365.2	362.4
3	259.2	304.2	323.7	337.6	323.2	259.2	283.7	306.0	325.1	322.7
4	251.8	285.0	307.7	321.1	309.6	251.8	270.7	290.8	312.4	310.2
5	242.0	263.8	284.8	297.7	288.3	242.0	251.4	269.7	292.8	292.8
6	237.4	254.0	275.9	288.6	281.3	237.4	244.4	261.8	286.4	286.7
7	232.2	244.8	266.8	279.6	270.6	232.2	237.6	252.2	280.4	280.7
8	195.4	210.0	229.5	242.5	228.1	195.4	200.4	219.5	245.8	250.3
9	190.7	207.4	223.6	235.7	225.4	190.7	201.4	216.8	242.3	247.5
10	186.5	204.1	217.0	229.8	223.5	186.5	197.8	213.6	238.0	244.8
11	184.0	202.1	214.6	226.3	221.2	184.0	195.6	210.7	235.3	241.3
12	179.4	197.6	207.8	226.3	218.7	179.4	191.3	205.7	228.5	235.7
13	177.4	195.7	205.8	219.0	217.9	177.4	188.1	202.3	224.9	232.2
14	177.3	195.2	205.1	216.9	218.2	177.3	188.5	202.2	223.8	231.6

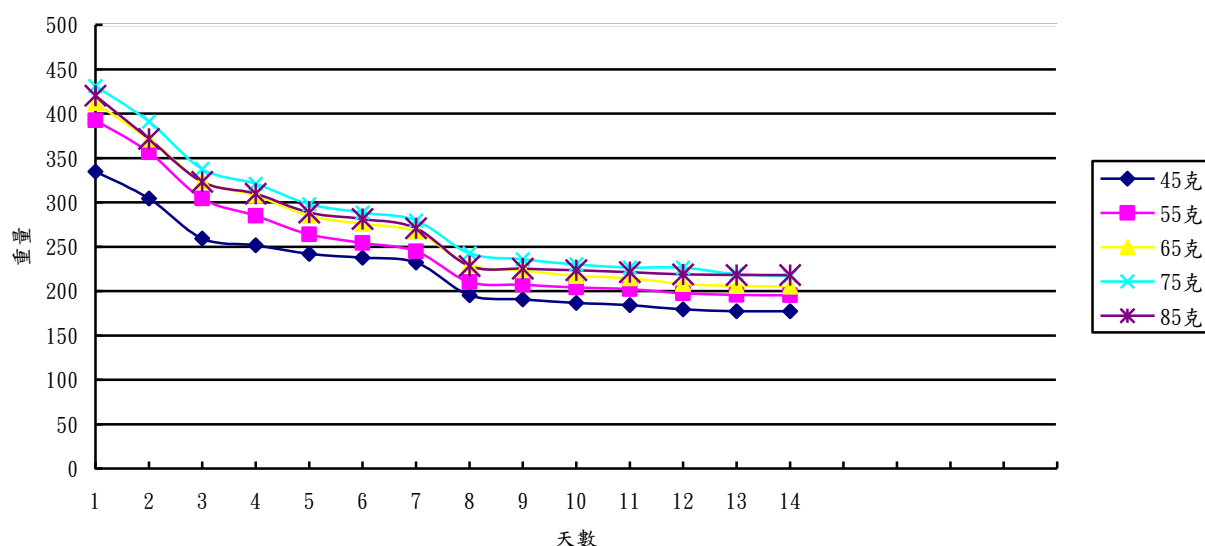


圖 27 不同糯米量的含水量變化

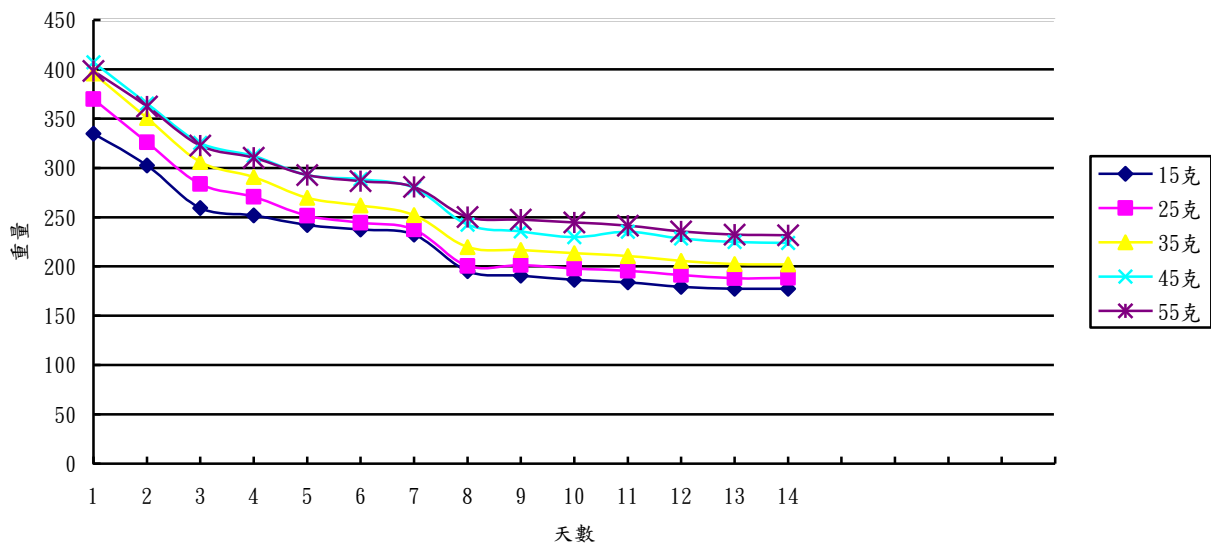


圖 28 不同紅糖量的含水量變化

結果：花生殼五腳隔熱磚完成品至少需二星期才能完全乾燥，若能持續增加乾燥天數，不但不易發霉又可維持成品的良好品質。

討論：1.因為本實驗採用天然的物料製成，膠合劑也是利用天然的植物澱粉，完成品首先要克服的挑戰便是發霉，以添加不同濃度的紅糖來測試，至少需要一定的量始可達到防霉效果。

2.五腳隔熱磚完成品若能在乾燥過程中控制到最低含水量，也能達到防霉效果。



圖 29 未加明礬未風乾嚴重發霉



圖 30 紅糖含量(15g)太少也易發霉

六、探討花生殼五腳隔熱磚的功用性質

(一)隔熱

以雙層木架模擬房屋結構，上層頂樓樓板鋪設四塊花生殼五腳隔熱磚，下層模擬居家客廳空間，以 250W 鎢絲燈炮模擬太陽光照射，紀錄的溫度變化如下：

表 16 花生殼五腳隔熱磚的隔熱溫度變化表

天數 時間	1		2		3		4		5		6		7	
	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層
08:00	21°	21°	21°	21°	21°	21°	22°	22°	23°	23°	24°	24°	24°	24°
10:00	54°	21°	54°	24°	54°	25°	55°	24°	55°	25°	55°	25°	50°	26°
12:00	55°	21°	55°	25°	56°	25°	56°	25°	58°	25°	59°	28°	53°	27°
14:00	59°	24°	55°	26°	57°	26°	57°	26°	58°	27°	58°	27°	54°	27°
16:00	57°	24°	54°	25°	56°	26°	58°	28°	58°	27°	58°	27°	54°	27°

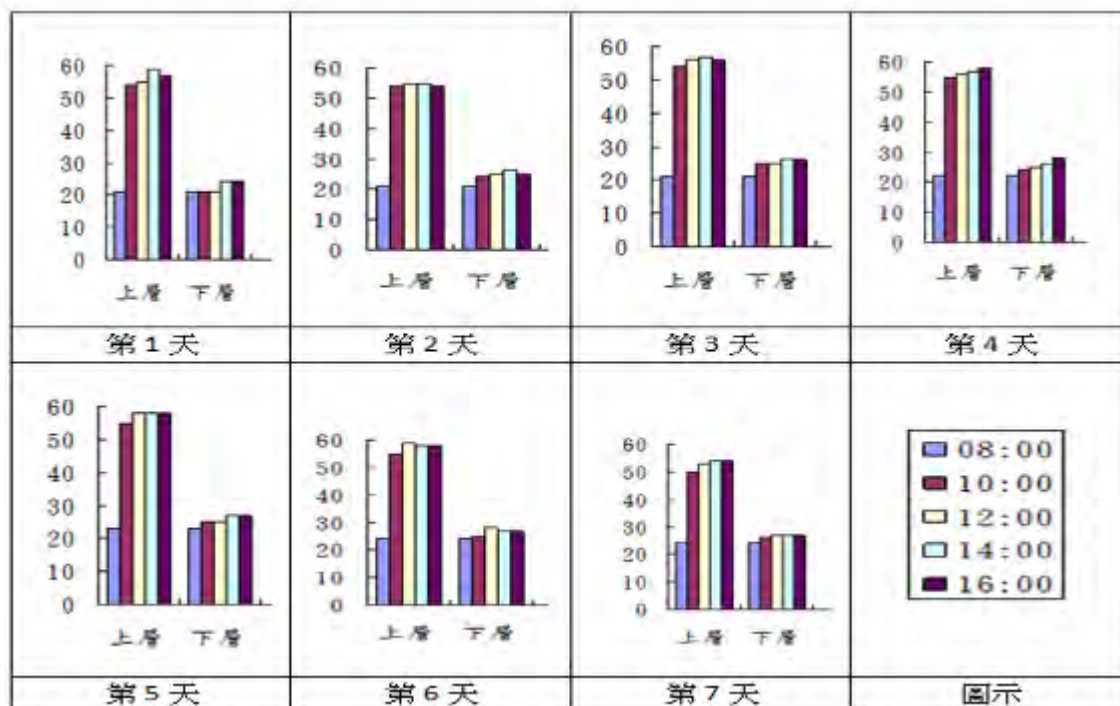


圖 31 模擬上、下樓層的溫度變化表






結果：1.模擬太陽光照在樓頂的溫度維持在 50~60° C 的範圍，下層溫度不受頂層溫度的影響。

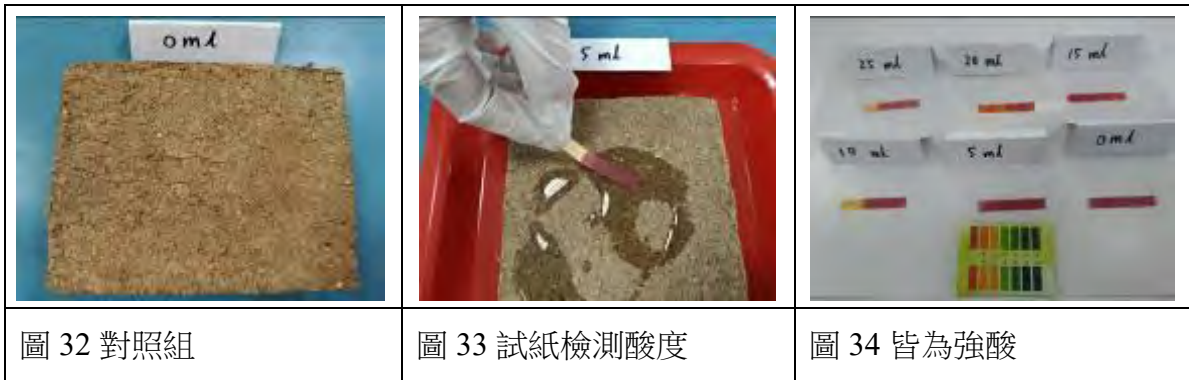
2.以手觸摸花生殼五腳隔熱磚時，可感覺溫熱，可見隔熱磚具保溫之效果。

(二)耐酸測試

以不同濃度的鹽酸倒在花生殼五腳隔熱磚表面的結果如下：

表 17 花生殼五腳隔熱磚耐酸測試結果一覽表

濃度 ml	5	10	15	20	25
項目					
腐蝕度	表面無腐蝕	表面無腐蝕	表面無腐蝕	表面無腐蝕	表面無腐蝕
圖示					



結果：無水對照組與不同濃度鹽酸對於花生殼五腳隔熱磚表面並無明顯腐蝕現象，可見具有耐酸性。

討論：1.為確認鹽酸的酸性，以試紙檢測皆為 PH1 的強酸，操作時需留意小心。

(三)防水測試

1.防水層製作

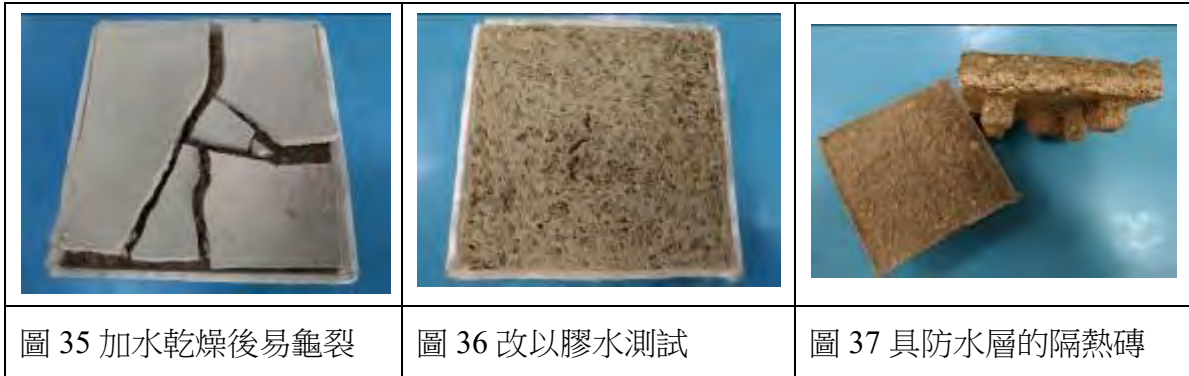
經由資料查詢發現"皂土"是防水工程使用的一種材料，由於具有高吸水性，能防止水份進入結構，因此想測試是否能改善花生殼五腳隔熱磚的防水功能。

結果：(1)皂土直接以水調和，一開始具有黏土的特性，但當水份蒸發乾燥後卻產生龜裂現象，無法與原本的隔熱磚合成一體，二者材料會各自分離。

(2)改以皂土 1：膠水 2 的比例調合後，再加入已具黏稠性的隔熱磚材料 120g 作為表面的防水層，結果最佳。

討論：1.皂土本身具高吸水性，單獨只與水分混合，乾燥後雖有硬度但易產生龜裂。

2.防水物料需混入原本的隔熱磚原料製成表面的防水層，才不致於產生二種不同材料無法結合的分離現象。

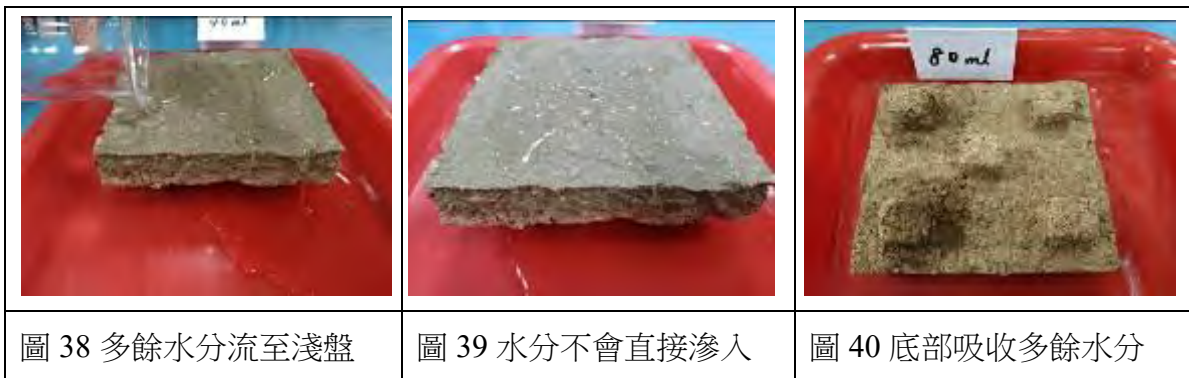


2.防水測試

結果：經不同水量倒在花生殼五腳隔熱磚表面時，水分並不會直接滲入磚體內部，具有防水性，多餘的水分則流至盛裝的淺盤裡，由於隔熱磚底部與五個腳部分並無防水層設計，故水分又被原磚體吸收。

討論：1.吸收多餘水分的磚體經晾乾後外形並無明顯改變。

2.隔熱磚的表面對於大雨水量多的情形是否也具有防水性，需另設計實驗測試。



(四)硬度測試

結果：花生殼五腳隔熱磚分別由不同高度墜落後並無明顯破裂或缺損，大部分在 80 公分以上的高度測試時出現腳部斷掉的情形，若以隔熱磚主體而言，對於由高度墜落的衝擊具有相當的耐受程度。

討論：1. 硬度測試中，由於斷掉的位置多為隔熱磚主體與五腳連接處，結構上較為脆弱，

日後若能強化二者的連結，則能保持隔熱磚墜落後的外形完整度。



(五)耐火測試

二種花生殼五腳隔熱磚(有防水層、無防水層)以酒精燈加熱後的結果如下：

表 18 二種花生殼五腳隔熱磚加熱後情形

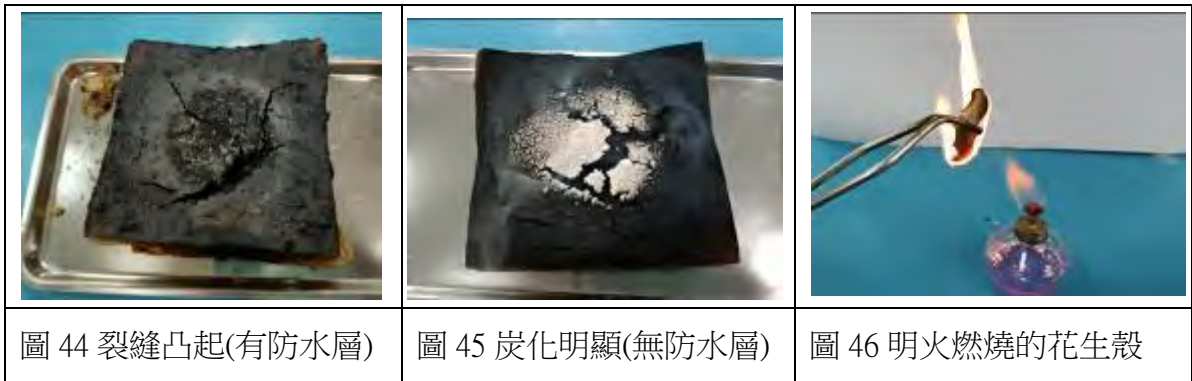
隔熱磚 加熱時間	有防水層		無防水層	
	測得溫度	表面情形	測得溫度	表面情形
1 分	120.5 ° C	中間焦黑，有塑膠燃燒異味	171.5 ° C	中間焦黑，煙燻味
5 分	339 ° C	3/4 面積焦黑，出現少許裂痕	247 ° C	出現裂縫並悶燒冒煙
10 分	342 ° C	表面完全焦黑，裂縫凸起	315 ° C	大量冒煙中間出現炭化
15 分	345 ° C	出現火花，邊緣裂開及焦黑	452 ° C	表面炭化邊緣呈焦黑狀
20 分	348 ° C	表面炭化、變形、邊緣焦黑	517 ° C	中間炭化，磚體變形

結果：1.有防水層的隔熱磚由於含有聚乙稀醇成分，表面稍有易燃性且具塑膠燃燒時的異味。

2.無防水層的隔熱磚加熱時，多呈現悶燒並大量冒煙，但未見明火出現，炭化程度較明顯。

3.加熱時間為累加計算，故實驗總時間接近一小時，燃燒後的溫度可達 517 ° C，可見二種隔熱磚證實不具易燃性。

討論：1.經比對實驗測試直接以未處理的花生殼置於酒精燈上方，發現立即明火燃燒，而且短時間全部燒成灰燼，可見本研究自製花生殼五腳隔熱磚並非易燃物。



陸、結論

- 一、本研究利用珍珠板易切割、具密合性與防水性以及版形控制度較符合操作需求，選定為模具材料，並成功製作『花生殼五腳隔熱磚』，模擬屋頂常用的「板塊材」隔熱磚。
- 二、自製花生殼五腳隔熱磚的原料主要利用農業廢棄物的花生殼 75 克，經篩選外形無蟲體、雜質後以果汁機連續攪碎 1 分鐘 30 秒，使呈現粉狀或 0.5 公分以下大小的塊狀；並以木屑 30 克作為副原料、糯米粉 45 克作為膠合劑、紅糖 50 克與明礬 15 克作為防霉物，加上 250g 的水量混合均勻，再隔水加熱煮至黏稠狀才易入模成型。
- 三、灌模前模具內需塗抹凡士林有利於脫模，又為了保持磚體底部五腳的完整性，無法直接扣出脫模，需小心依序拆除組合而成的珍珠板模具，頗為耗時。
- 四、因為花生殼五腳隔熱磚採用天然的物料製成，膠合劑也是利用天然的植物澱粉，完成品首先要克服的挑戰便是發霉，除添加紅糖和明礬外，至少需要二星期才能完全乾燥至最少的含水量，始能達到防霉效果。
- 五、模擬太陽光照在樓頂的溫度維持在 50~60 ° C 的範圍，下層溫度不受頂層溫度的影響；以手觸摸花生殼五腳隔熱磚時，可感覺溫熱，可見隔熱磚具保溫之效果。
- 六、無水對照組與不同濃度鹽酸對於花生殼五腳隔熱磚表面並無明顯腐蝕現象，可見具有耐酸性。
- 七、表面防水層經改良以皂土：膠水(1：2)的比例調合後，再加入已具有黏稠性的隔熱磚材料 120g 製成，經水量測試時，水分並不會直接滲入磚體內部，具有防水性。
- 八、花生殼五腳隔熱磚對於由高度墜落的衝擊具有相當的耐受程度，以隔熱磚主體而言，僅

出現小碎片並無明顯破裂或缺損；硬度測試中，斷掉的位置多為隔熱磚主體與五腳連接處，結構上較為脆弱，日後若能強化二者的連結，則能保持隔熱磚墜落後的外形完整度。

九、耐火實驗時，有防水層的隔熱磚由於含聚乙稀醇成分，表面稍有易燃性且具塑膠燃燒時的異味；無防水層的隔熱磚加熱時，多呈現悶燒並大量冒煙，但未見明火出現，炭化程度較明顯。二者分別累計加熱時間接近一小時，燃燒後的溫度可達 517° C，可證實隔熱磚不具易燃性。

柒、後續展望

本次研究實驗礙於時間所限，未能進一步探討後續相關問題，日後若有較多時間可再進行下列的構想：

- 一、探討可重覆使用的模具材料。
- 二、探討運用高壓機器壓製成品，使組合材料能更密實。

捌、參考資料

- 一、陳郁涵(2013)。建築的隔熱工程技術。《科學研習》，No. 52(6)，9-14。
- 二、蔡尚佑、陳家凱、林郁哲、游牟紹帆。『磚』心勘查--自製不同材質隔熱磚塊的物理性質探究。中華民國第 56 屆中小學科展作品說明書（國小組編號：080812）。
- 三、蔡琮暉、張博豪、黃耿誼、侯淞鈞、林則宇、黃昱喆。花生殼有何耐。台南市第 50 屆中小學科展作品說明書。
- 四、簡漢承、陳榆柔、陳庭姍、陸筠、陳映如、簡漢昇。黏度大考驗--應用具有黏性物質製作黏著劑之探討與研究。中華民國第 48 屆中小學科展作品說明書(國小組編號:080821)。
- 五、蘇承宏、林仲甫、林昱廷。環保糯米膠。中華民國第 51 屆中小學科展作品說明書（國小組編號：080805）。

【評語】 082925

利用在地農業廢棄物，開發以花生殼製成的五腳隔熱磚建材，很環保且具創意，探討其防水性，硬度等性質，且添加紅糖並討論防霉的效果，後續製作防水層，不但防水且讓固形更成功，值得鼓勵。建議在探討防水性、硬度等性質時，應設計可量化的實驗，取得數據進行客觀的判斷，並增加文獻的蒐集與比較，增加作品的嚴謹度。

壹、摘要

本研究利用廢棄的花生殼做為隔熱磚的主要原料，以五腳造型為磚體的形狀，運用切割容易的珍珠板設計實驗的模具材料；花生殼經果汁機磨碎後以天然的糯米粉為膠結材料，經由實驗加入 50g 紅糖、15g 明礬可增加防霉效果，再添加 30g 木屑強化試體的結構，以 250g 水混合均勻隔水加熱後入模，找出自製五腳隔熱磚的最佳配方；最後模擬隔熱磚的功用，花生殼五腳隔熱磚具有隔絕溫度、由高度墜落的衝擊具有相當的耐受程度、具耐酸性及無易燃性之特性，並在隔熱磚表面採用天然礦石的皂土做為防水層的保護，以符合隔熱磚防水的需求。

貳、研究動機

臺灣位於亞熱帶地區，年平均溫度在攝氏 25 度以上，充足的日照常造成混凝土建築物樓頂容易吸收和蓄積太陽輻射熱，為求居家環境的舒適導致使用冷氣量增加，反而耗用更多的能源來降溫。

我們的家鄉--雲林縣，人稱「農業之都」，其中花生栽培面積佔全臺的 70%。然而在花生的生產過程中，最後總是留下大量的花生殼，卻往往只能製成堆肥，或者丟棄甚至焚燒；由於市售的隔熱磚大多是以橡膠、保麗龍等不良導體製成，為了響應環保，若能結合花生殼的保溫效能，同時又能將這些農業廢棄物重新再利用，引發我們想進一步測試花生殼製成隔熱磚的相關研究，以天然農業廢棄物的再次利用，達到隔絕戶外酷熱的陽光與改善降溫效果，希望能落實節能減碳，同時也為保護地球盡一份心力。

參、研究目的

- 一、探討隔熱磚的原理及運用。
- 二、探討不同材質對製作模具的影響。
- 三、探討不同膠合劑對製作花生殼五腳隔熱磚的影響。
- 四、探討不同添加物對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果。
- 五、探討自製花生殼五腳隔熱磚的最佳配方。
- 六、探討花生殼五腳隔熱磚的功用性質。

肆、研究設備及材料

花生殼、投影片、珍珠板、硬紙板、熱熔膠、糯米、明礬、蛋殼、紅糖、太白粉、保鮮膜、洋菜粉、手套、蜂蠟、木架、鎊絲燈泡、鹽酸、試紙、果汁機、瓦斯爐、電子秤、溫度計、燒杯、研鉢、酒精燈。

伍、研究過程或方法

一、探討隔熱磚原理及運用

(一)文獻探討

- 1.熱的傳播：熱量傳遞的方式有傳導、對流和輻射三種基本方式。
 - 2.隔熱磚的原理：建築物屋頂最常見的隔熱材分三大類：「填充材」施作於天花板內層，例如保麗龍粒、稻殼、硅藻土等。「板塊材」施作於平屋頂，常見的有五腳隔熱磚、保麗龍磚、PS 隔熱磚，斜屋頂則利用 PS 隔熱板、文化陶瓦、鋼瓦、魚鱗瓦等。
 - 3.常見的隔熱磚樣式
- | | | | | |
|-------|-------|--------|--------|-------|
| 橡膠隔熱磚 | 磨石隔熱磚 | 保麗龍隔熱磚 | PS 隔熱磚 | 五腳隔熱磚 |
|-------|-------|--------|--------|-------|
- (1)橡膠隔熱磚：結合橡膠地磚與 PS 板隔熱磚(優良的隔熱效果)優點。
 - (2)磨石隔熱磚：集磨石磚與 PS 隔熱磚於一體，不怕雨淋日晒。
 - (3)保麗龍隔熱磚：以水泥板與發泡材保麗龍緊密粘成塊狀隔熱材。
 - (4)PS 板隔熱磚：以水泥板與高密度發泡材 PS 板緊密粘成一體隔熱材，而達到隔熱效果。
 - (5)五腳隔熱磚：以混凝土經高壓成型，成一水泥板厚 2cm，五個腳厚 3cm 之五腳磚，利用空氣層產生對流作用，而達到隔熱效果。

二、探討不同材質對製作模具的影響

(一)不同材質對模具製作容易度的影響(表 2)

(二)不同材質的模具對蜂蠟灌模測試比較(表 3)



三、探討不同膠合劑對製作花生殼五腳隔熱磚的影響

- 實驗步驟：1.分別秤取膠合劑材料各 5g，水 100c.c 及花生殼粉 10g。
- 2.試體倒入燒杯中，隔水加熱變黏稠狀。
- 3.觀察各種膠合劑乾燥及黏著情形。



四、探討不同添加物對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果

(一)不同添加物對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果

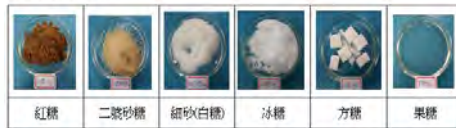
- 實驗步驟：1.將生糯米煮成糯米飯，分成三個 50g 飯糰再搗成麻糬狀。
- 2.秤取不同添加物各 25g、花生殼粉 50g 與步驟 1 充分混合。
- 3.置於保鮮膜上塑形成長方體後靜置風乾並觀察結果。



(二)不同種類的糖對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果(表 4)

- 實驗步驟：1.不同種糖與花生殼粉、糯米粉 25g 混合。
- 2.加上 50g 的水充分攪拌混合後，隔水加熱至黏稠狀。
- 3.倒入布丁盒後靜置風乾並觀察結果。

表 4 不同種類的糖



(三)不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(生糯米→麻糬)

- 實驗步驟：1.秤不同重量紅糖各加入 20c.c.的水，隔水加熱製成糖漿。
- 2.糯米煮好分成每個 50g 飯糰，研鉢搗成麻糬。
- 3.花生殼粉 50g 與麻糬混合，再混入不同紅糖漿。
- 4.塑形成長方體後，靜置風乾並觀察結果。

(四)不同濃度的紅糖對花生殼五腳隔熱磚的防霉效果(糯米粉)

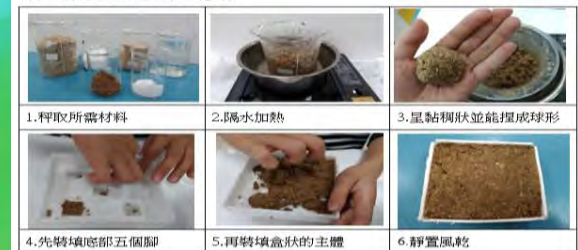
- 實驗步驟：1.花生殼粉、糯米粉各 25g 分別倒入不同濃度紅糖中。
- 2.混和後加入水 100c.c，隔水加熱直到變得濃稠狀。
- 3.倒入布丁盒中風乾，靜置風乾並觀察結果。



五、探討自製花生殼五腳隔熱磚的最佳配方

- 實驗步驟：1.模具內塗抹凡士林，秤取花生殼粉 75g、木屑 30g、糯米粉 45g、紅糖 50g、明礬 15g。
- 2.攪拌後加水 250g，隔水加熱直到變成黏稠狀。
- 3.裝填至五腳模具中，靜置風乾並觀察。

表 5 自製花生殼五腳隔熱磚步驟

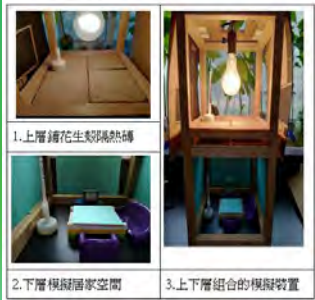


六、探討花生殼五腳隔熱磚的功用性質

(一)隔熱測試

- 實驗步驟：1.設計二組 30*30 公分正方體的木架，模擬房屋構造。
2.上層為頂樓，鋪設四塊花生殼五腳隔熱磚，以 250W 鎢絲燈炮模擬太陽光照射，下層為居家客廳空間。
3.每隔二小時分別紀錄上、下二層的溫度與當日室內溫度。

表 6 隔熱測試模擬裝置



(二)酸性測試

實驗步驟：1.取 5 ml 無煙鹽酸加水，調製成不同濃度。



- 2.分別倒在花生殼五腳隔熱磚表面，觀察其變化。
3.以無水的對照組比對實驗。

(三)防水

1.防水層製作：1.先以五腳隔熱磚腳製作方法操作。2.皂土 30 g、膠水 60 g，與隔熱磚材料 120 g 混合。3.依隔熱磚步驟入模，約八分滿時加入防水層靜置風乾。

- 2.防水層測試 1.以燒杯取 20ml、40ml、60ml、80ml、100ml 的水。
2.將不同容量的水倒在花生殼隔熱磚的中間位置。3.觀察並紀錄。

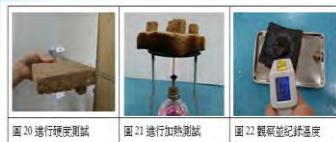


(四)硬度測試

- 實驗步驟：1.在牆面上分別註記不同高度。
2.將五腳隔熱磚分別由上列高度墜落，觀察並紀錄結果。

(五)耐火測試

- 實驗步驟：1.分別將二種花生殼五腳隔熱磚置於三腳架上進行加熱實驗。
2.觀察不同加熱時間的變化結果。



陸、研究結果與討論

一、探討隔熱磚的原理及運用

平屋頂常用的隔熱磚為「板塊材」，外形以正方體居多，其中五腳隔熱磚具不錯隔熱效果，我們仿作此造形進行花生殼隔熱磚相關實驗。

二、探討不同材質對製作模具的影響

(一)不同材質對模具製作容易度的影響

表 7 不同材質對模具製作容易度的影響

特性	材質	硬紙板	投影片	珍珠板
切割度		★★	★	★★★★
堅硬度		★★★★	★★★	★
密合度		★★	★★★★	★★★★
重複性		★	★★★★	★★★
防水性		★	★★★★	★★★★
版形控制度		★★★★	★	★★★★

備註：★：低 ★★：中 ★★★：高



【結果】珍珠板在切割度、密合度、防水性及版形控制度符合操作需求。

【討論】投影片因材質光滑，切割時易割錯，造成材料浪費。

(二)不同材質的模具對蜂蠟灌模測試比較

表 8 不同材質的模具對蜂蠟灌模測試比較

比較項目	材質	硬紙板	投影片	珍珠板
耐熱性		佳	佳	佳
防水性		中等	佳	佳
脫模		易脫模等變形	易黏在模具上	容易
結果				

【結果】珍珠板在耐熱性、防水性、脫模容易度上皆符合操作需求。

【討論】三種材質可能因黏合度不足，導致蜂蠟流出。

三、探討不同膠合劑對製作花生殼隔熱磚的影響

表 9 不同膠合劑對花生殼隔熱磚的影響

膠合劑	太白粉	糯米粉	中筋麵粉	粟薯粉	洋菜粉
製成三日					
1.表面發霉	1.表面發霉	1.表面發霉	1.表面發霉	1.粉發霉	1.粉發霉
2.水分殘留	2.水分殘留	2.水分殘留	2.水分殘留	2.水分殘留	2.水分殘留
3.成品塌陷	3.成品塌陷	3.成品塌陷	3.成品塌陷	3.成品塌陷	3.粉可成形

【結果】本實驗測試結果並未
有明顯差異，但決定繼續以糯
米(粉)進行後續實驗。

【討論】水量過多與容器不通
是造成發霉的原因。

四、探討不同添加物對花生殼隔熱磚的防霉效果

(一)不同添加物對花生殼隔熱磚的防霉效果

表 10 不同添加物對花生殼隔熱磚的防霉效果

添加物	生石灰	明礬	紅糖
望形	無法望形	僅小部分可結塊	可壓製成長方體
成品表面	細碎狀無法成型	1.顏色較淡	2.水分殘留
成品			
1.表面發霉	1.表面發霉	2.少許發霉	3.未發霉

【結果】以紅糖作為添加物
，防霉效果佳。

【討論】.生石灰為乾燥劑，
加水後易降低黏性，時間
掌控不足也無法塑形。

(二)不同種類的糖對花生殼隔熱磚的防霉效果

表 11 不同種類的糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(三日後)

種類	紅糖	二號砂糖	細幼白糖	冰糖	方糖	果糖
外形	塊狀	表面成型	表面成型	表面成型	表面成型	表面成型
發霉	X	X	X	X	X	X
結果(三日後)						

【結果】全部試體皆長霉。

【討論】混合材料未找出適
當比例，其中水的含量或許
是造成黴菌生長的成因。

(三)不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(生糯米→麻糬)

表 12 不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果

比較	20	50	70	90	110
表面	少許發霉	發霉不明顯	少許發霉	少許發霉	完全發霉
底部	無發霉	無發霉	少許發霉	發霉量多	完全發霉
硬度	結實	結實	鬆軟	鬆軟	鬆軟
發霉	X	X	X	X	X



圖 26 不同濃度的紅糖防霉效果

【結果】此實驗就表面、底部與成型度以紅糖 50g 的效果最佳。

- 【討論】1.生糯米煮熟搗成麻糬狀時要趁熱，否則變硬無法加其他材料。
2.操作過程力道需足夠，否則糯米未產生黏性，也不易混合其他材料。
3.實驗成品為求尺寸統一，需另以模具輔助塑形。
4.由於搗糯米時間需要較長時間，建議改以糯米粉取代。

(四)不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(糯米粉)

表 13 不同濃度的紅糖對花生殼隔熱磚的防霉效果(糯米粉)三日後二層後

項目	25	50	75	100	125
表面	表面發霉	表面發霉	表面發霉	表面發霉	表面發霉
水份	不沾手	不沾手	沾手具黏性	沾手具黏性	沾手具黏性
發霉	X	X	X	X	X
味道	有發酵酸味	有發酵酸味	無臭味	無臭味	無臭味
成品					
表面	表面發霉	表面發霉	表面發霉	表面發霉	表面發霉
水份	不沾手	不沾手	沾手具黏性	沾手具黏性	沾手具黏性
發霉	X	X	X	X	X
味道	有發酵酸味	有發酵酸味	有發酵酸味	無臭味	無臭味
成品					

【結果】紅糖含量在 100g
以上的竟然無發霉現象，以
水：紅糖=1：5 的防霉效果
最好。

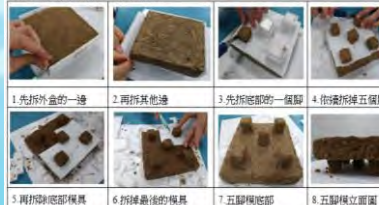
【討論】紅糖濃度越高會造
成混合材料出現黏稠狀，雖
無發酵，反而有出水現象，
導致成品無法成型。

五、探討自製花生殼五腳隔熱磚的最佳配方

(一)配方材料：1.主原料：花生殼 75 克以果汁機攪碎呈粉狀或 0.5 公分的塊狀；副原料為木屑 30 克。2.膠合劑：糯米粉 45 克。3.防霉物：紅糖 50 克+明礬 15 克。4.水量：水 250g，隔水加熱。

(二)脫模：為確保造型完整性，入模後一日需先脫模再乾燥，避免發霉，脫模時需注意力道大小且由小面積拆解模具，脫模步驟如下：(表 14)

表 14 五腳隔熱磚脫模步驟分解圖



【討論】1.在模具內塗抹凡
士林有利於脫模。

2.混合材料需加熱至黏稠
狀才易成功塑形。

3.拆具頗為耗時。

(三)乾燥

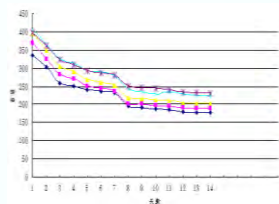


圖 28 不同紅糖含量的含水量變化



圖 29 未加明膠未加防腐劑易發霉



圖 30 紅糖含量(30g)太少也易發霉

【結果】完成品至少需二星期才能完全乾燥。

六、探討花生殼五腳隔熱磚的功用性質

(一)隔熱測試

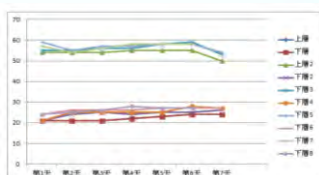


圖 31 模擬上、下層溫度變化表

【結果】1.模擬太陽光照在樓頂的溫度維持在 50~60 °C 的範圍，下層溫度不受頂層溫度的影響；以手觸摸可感覺溫熱，隔熱磚具保溫之效果。

(二)耐酸測試

表 17 花生殼五腳隔熱磚耐酸測試結果一覽表

濃度 (%)	5	10	15	20	25
項目	表面無腐蝕	表面無腐蝕	表面無腐蝕	表面無腐蝕	表面無腐蝕
圖示					



圖 32 對照組



圖 33 酸經檢測酸度



圖 34 酸為強酸

【結果】無水對照組與不同濃度鹽酸對於隔熱磚表面無明顯腐蝕現象。

(三)防水測試

1.防水層製作：經由資料查詢發現"皂土"是防水工程使用的一種材料，由於具有高吸水性，能防止水份進入結構，因此想測試是否能改善花生殼五腳隔熱磚的防水功能。

【結果】(1)直接以水調和易龜裂現象，與原本的隔熱磚材料會各自分離。

(2)改以皂土 1：膠水 2 的比例調合後，再加入已具黏稠性的隔熱磚材料 120g 作為表面的防水層，結果最佳。

2.防水測試

【結果】經不同水量測試後，水分不會直接滲入磚體內部，具有防水性。

【討論】吸收多餘水分的磚體經晾乾後外形並無明顯改變。

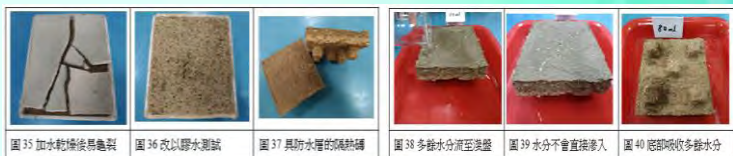


圖 35 加水乾燥後易龜裂

圖 36 吸水測試

圖 37 具防水層的隔熱磚

圖 38 多餘水分流至底部

圖 39 水分不會直接滲入

圖 40 底部吸收多餘水分

(四)硬度測試

【結果】花生殼五腳隔熱磚分別由不同高度墜落後並無明顯破裂或缺損，大部分在 80 公分以上的高度測試時出現腳部斷掉的情形，若以隔熱磚主體而言，對於由高度墜落的衝擊具有相當的耐受程度。

【討論】1. 硬度測試中，由於斷掉的位置多為隔熱磚主體與五腳連接處，結構上較為脆弱，日後若能強化二者的連結，則能保持隔熱磚墜落後的外形完整度。



圖 41 由高處墜落後結果

圖 42 腳的連接處斷掉

圖 43 陸續二隻腳斷掉

(五)耐火測試

二種花生殼五腳隔熱磚以酒精燈加熱後的結果如下：

加熱時間	有防水層		無防水層	
	溫度	表面情形	溫度	表面情形
1 分	120.5 °C	中間焦黑，背層腳部燒黑	171.5 °C	中間焦黑，背層腳部
5 分	239 °C	54 層焦黑，出現少許裂縫	247 °C	出現裂縫並開始冒煙
10 分	342 °C	表面完全焦黑，裂縫全開	315 °C	大量冒煙中間出現焦化
15 分	345 °C	出現火花，邊緣裂開亮光	432 °C	表面焦化邊緣呈焦黑狀
20 分	348 °C	邊緣焦化，變形，邊緣焦黑	517 °C	中間焦化，磚體變形

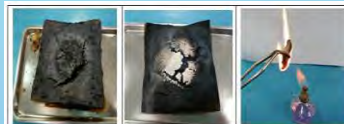


圖 44 裂縫凸出有防水層

圖 45 炭化明顯無防水層

圖 46 明火燃燒的花生殼

【結果】1.有防水層的隔熱磚由於含有聚乙稀醇成分，表面稍有易燃性且具塑膠燃燒時的異味。

2.無防水層的隔熱磚加熱時，多呈現悶燒並大量冒煙，但未見明火出現，炭化程度較明顯。

3.加熱時間為累加計算，故實驗總時間接近一小時，燃燒後的溫度可達 517 °C，可見二種隔熱磚證實不具易燃性。

【討論】1.經比對實驗測試直接以未處理的花生殼置於酒精燈上方，發現立即明火燃燒，而且短時間全部燒成灰燼，可見本研究自製花生殼五腳隔熱磚並非易燃物。

柒、結論

- 一、本研究利用珍珠板易切割、具密合性與防水性以及版形控制度較符合操作需求，選定為模具材料，並成功製作『花生殼五腳隔熱磚』，模擬屋頂常用的「板塊材」隔熱磚。
- 二、花生殼五腳隔熱磚的主原料為攪碎花生殼 75 克、木屑 30 克、糯米粉 45 克作為膠合劑、紅糖 50 克與明礬 15 克作為防腐物，加上 250g 的水量混合均勻，隔水加熱煮至黏稠狀入模成型而成。
- 三、模具內塗抹凡士林利於脫模，為保持磚體底部五腳的完整性，無法直接扣出脫模，需小心依序拆除組合而成的珍珠板模具，頗為耗時。
- 四、隔熱磚至少需二星期才能完全乾燥，始能達到防腐效果。
- 五、模擬太陽光照樓頂溫度維持在 50~60 °C，下層溫度不受頂層溫度的影響；以手觸摸可感覺溫熱，可見隔熱磚具保溫之效果。
- 六、花生殼五腳隔熱磚表面具有耐酸性。
- 七、表面防水層經改良以皂土：膠水(1：2)的比例調合製作，經水量測試時，水分並不會直接滲入磚體內部，可見隔熱磚具有防水性。
- 八、花生殼五腳隔熱磚由高度墜落的衝擊具有相當的耐受程度。
- 九、隔熱磚加熱測試時多呈現悶燒及大量冒煙，但未見明火出現，燃燒後的溫度可達 517 °C，耐火實驗證實隔熱磚不具易燃性。

捌、後續展望

本次研究實驗礙於時間所限，未能進一步探討後續相關問題，日後若有較多時間可再進行下列的構想：

- 一、探討可重覆使用的模具材料。
- 二、探討運用高壓機器壓製成品，使組合材料能更密實。

玖、參考資料

- 一、陳郁涵(2013)。建築的隔熱工程技術。《科學研習》，No. 52(6)，9-14。
- 二、蔡尚佑、陳家凱、林郁哲、游牟紹帆。『磚』心勘查--自製不同材質隔熱磚塊的物理性質 探究。中華民國第 56 屆中小學科展作品說明書(國小組編號：080812)。
- 三、蔡琮暉、張博豪、黃耿誼、侯淞鈞、林則宇、黃昱喆。花生殼有何耐。台南市第 50 屆 中小學科展作品說明書。
- 四、簡漢承、陳榆柔、陳庭姍、陸筠、陳映如、簡漢昇。黏度大考驗--應用具有黏性物質製作黏著劑之探討與研究。中華民國第 48 屆中小學科展作品說明書(國小組編號：080821)。